

С. Л. Гольдштейн, Е. М. Грицюк, А. Н. Аверьянова, М. Хушанг

О ВЛОЖЕНИИ СЛУЖЕБНЫХ ПРОСТРАНСТВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КЛИНИЧЕСКОГО ЭПИДЕМИОЛОГА

Представлена модель вложения служебных информационных пространств на примере деятельности клинического эпидемиолога, рассмотрены варианты фазового портрета вложенного пространства «цикл» и «фокус», предложена иерархическая интерпретация коэффициентов модели.

Ключевые слова: *информационное пространство, служебное пространство, фазовый портрет, эпидблагополучие, дифференциальное уравнение поведения.*

Model attachments service information spaces represented on the example of clinical epidemiology; variants of the phase portrait embedded space "cycle" and "focus" studied; hierarchical interpretation of model coefficients is proposed.

Keywords: *information space, subsidiary space, phase portrait, epidemiological welfare, model of information space.*

Деятельность клинического эпидемиолога предполагает учет большого количества факторов из разномасштабных кластеров. Их мониторинг детально ненормирован. При этом эпидемиологическое благополучие медицинского учреждения (МУ) и его подразделений имеет, как правило, циклическую динамику ситуаций, т. е. процесс содержит фазы ухудшения, улучшения и стабильности. Для управления ими требуется не только система критериальных оценок эпидблагополучия, например, иерархическая [1], что понятно, но и дополнительные ресурсы.

В данной статье поставлена и решена задача поиска таких ресурсов. Рабочая гипотеза в качестве таковых предполагала пространственно-временные ресурсы, что далеко не очевидно.

Подход к вложению координат служебного пространства

Реальное (физическое) пространство МУ, его подразделений, помещений и рабочих мест привычным образом воспринимается как длина-ширина-высота, образующие реальное трехмерное пространство. Для оценки эпидблагополучия используются компилятивные факторы, которые специалист соединяет в единую систему, создавая когнитивное пространство проблемной области. Его виртуальное отражение — это трехмерная система координат Евклида-Декарта, знакомая всем со школы. Это представление можно использовать и для служебного информационного пространства, где осям координат назначен смысл, скажем, состояний каких-либо взаимосвязанных объектов. Так, например, это могут быть состояния эпидблагополучия

корпуса, подразделения и рабочего места, влияющие друг на друга во времени. Математически этому эквивалентна запись:

$$\dot{x}_1 = H(x_1, x_2, x_3), \quad \dot{x}_2 = P(x_1, x_2, x_3), \quad \dot{x}_3 = S(x_1, x_2, x_3), \quad (1)$$

где x_i — состояние i -го объекта, \dot{x}_i — первая производная от времени, т. е. изменение состояния, H, P, S — некоторые функции.

Если функции H, P, S линейные, то справедливо:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = a_1 \times x_1 + b_1 \times x_2 + c_1 \times x_3, \\ \dot{x}_2 = a_2 \times x_1 + b_2 \times x_2 + c_2 \times x_3, \\ \dot{x}_3 = a_3 \times x_1 + b_3 \times x_2 + c_3 \times x_3, \end{cases} \quad (2)$$

где a_i, b_i, c_i — коэффициенты.

Зная значения этих коэффициентов и начальные условия можно получить решение системы уравнений (2) в виде различных конфигураций: узлов, фокусов, циклов, седел и т. д., называемых фазовыми портретами.

При таком подходе информация об объекте «спрятана» в коэффициентах a_i, b_i, c_i , имеющих смысл, прежде всего, обратных постоянных времени, например, вида $R_i \times C_i$, где R_i — сопротивление, C_i — емкость. Чтобы отразить необходимую информацию об объекте, представленную теперь в виде $R_i C_i$ — цепочек, предлагается переход к другой системе координат, вложенной в исходную четырехмерную (x_1, x_2, x_3, t) , где t — время.

В качестве одного из вариантов вложенного пространства нами рассмотрены фазовые портреты типа «цикл» и «фокус».

Фазовый портрет типа «цикл» как вариант вложенного пространства

На рис. 1 показано первое такое вложение.

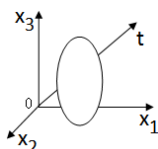


Рис. 1. Геометрический образ вложения пространства типа «цикл» в прямоугольное

С помощью ППП «Matlab» и текстового редактора Microsoft Word выполнен вычислительный эксперимент (табл. 1), графически представленный на рис. 2 для системы из двух уравнений вида:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = a_1 \times x_1 + b_1 \times x_2 + \Delta x_1, \\ \dot{x}_2 = a_2 \times x_1 + b_2 \times x_2 + \Delta x_2, \end{cases} \quad (2a)$$

где $\Delta x_1, \Delta x_2$ — сдвиг решения относительно начала координат.

В табл. 1 также приведены количество циклов изменения параметров системы и начальные условия каждого цикла.

Таблица 1

Условия и решения											
Количество циклов		1					5				
Значения коэффициентов	a_1	-10	-10	-10	-0,01	-0,01	0,5	0,5	-0,5	-0,5	-0,5
	a_2	-6	-6	6	-0,90	2	0,1	0,1	0,1	10	0,1
	b_1	20	20	-20	2	-0,09	-2000	-500	-205	-500	-2000
	b_2	10	10	10	0,01	0,01	-0,5	-0,5	0,5	0,5	0,5
Δx_1		0	-3	-3	-7	-6	-3				
Δx_2		0	-3	-3	-7	-6	-3				
Начальные условия	x_1	1	4	4	4	5	4				
	x_2	0	3	3	3	0	3				
	t	0					0	0,054	0,151	0,34	0,42
Фрагменты на рис. 2		a	b	c	d	e	f				

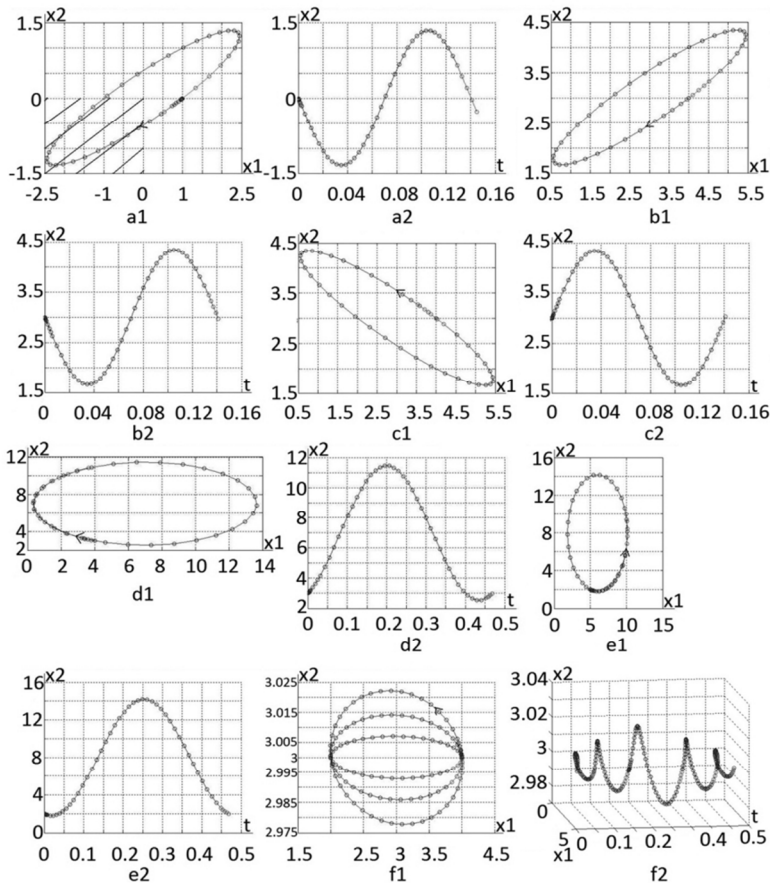


Рис. 2. Графические образы (а—f) решений типа «цикл» для двух переменных (x_1, x_2) во времени (t)

Видно следующее: во-первых, циклические процессы моделируются; во-вторых, возможно представление фазового портрета только в положительных квадрантах (рис. 2, b—f); в-третьих, реализуемы любые повороты цикла (рис. 2, b—e); в-четвертых, воспроизводимы эстафетные повторения цикла (рис. 2, f) которые при малых временах между циклами могут имитировать «заметание» траекторией псевдообъемной фигуры типа эллипсоида, как на рис. 1.

Графики f_1 и f_2 на рис. 2 строили с помощью отдельной встроенной функции «hold on» ППП «Matlab», которая отображает результат нескольких графиков в одной, единой, сетке.

Таким образом, возможно перенести детальное представление R_i и C_i из прямоугольного пространства Евклида-Декарта в новое — эллиптическое, обладающее большими информационными возможностями для последующего представления фактических, плановых и угрожаемых значений факторов, характеризующих емкость (C) деятельности клинического эпидемиолога в виде:

$$C = C_1 \times \alpha_1 + C_2 \times \alpha_2, \quad (3)$$

где C_1 — охват задач эпидемиолога [2], C_2 — оценка качества их решений; α_1, α_2 — веса; $\sum \alpha_i = 1$; а также — сопротивление решению этих задач

$$R = R_1 \times \beta_1 + R_2 \times \beta_2, \quad (4)$$

где R_1 — сопротивление, связанное с задержками исполнения, R_2 — сопротивление исполнению потока управленческих решений; β_1, β_2 — веса; $\sum \beta_i = 1$.

Наполнение эллиптического пространства, «заметаемого» спиралью вида:

$$x_1(L) = k_1 L, \quad x_2(L) = k_2 r_1 \cos(wL), \quad x_3(L) = k_3 r_2 \sin(wL), \quad (5)$$

где L — длина эллипсоида; r_1, r_2 — его радиусы, $k_1(L) \div k_3(L)$ — настроечные коэффициенты, w — плотность наложения спирали на эллипсоид; в первом приближении можно представить как:

$$C_1 = \frac{n_1}{n_2} \times \frac{n_3}{n_4}, \quad (6)$$

где n_1, n_3 — фактическое количество строк и столбцов матрицы деятельности [3] соответственно; n_2, n_4 — их полное количество,

$$C2 = \sum_i \left(\frac{e^{TK}}{e^{TP}} \times \gamma \right)_i, \quad (7)$$

где e^{TK}, e^{TP} — текущее и требуемое значения оценок качества решения задач эпидемиологом, γ — вес, $\sum \gamma = 1$;

$$R_1 = \Delta \tau / \tau, \quad (8)$$

где $\Delta \tau$ — временные задержки в решении задач, τ — норматив времени;

$$R_2 = \Delta p / p \quad (9)$$

где Δp — доля исполнения решений, p — поток решений.

При этом спираль (5) на рис. 3 может служить средством мониторинга, хронометража и визуализации деятельности клинического эпидемиолога. Причем сагиттальные сечения эллипсоида дают возможность отразить плановые показатели деятельности по обеспечению эпидблагополучия, шаблон фактических значений и угрозы.

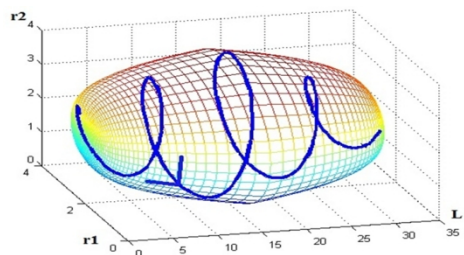


Рис. 3. Вид (эллипсоид) спирали мониторинга деятельности эпидемиолога

Фазовый портрет типа «фокус» как вариант вложенного пространства

В качестве второго варианта вложенного пространства нами рассмотрен фазовый портрет типа «фокус». На рис. 4 показано такое вложение.

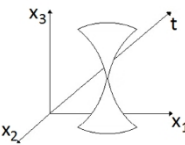


Рис. 4. Геометрический образ вложения пространства типа «фокус» в прямоугольное

Как и в первом варианте выполнен вычислительный эксперимент (табл. 2), графически представленный на рис. 5 для системы из двух уравнений вида (2) с помощью ППП «Matlab» и текстового редактора Microsoft Word.

Таблица 2

Условия и решения								
Количество циклов		1					2	
Значения коэффициентов	a_1	30	30	30	2	2	-30	30
	a_2	-56	-56	56	10	-60	-60	40
	b_1	60	60	-60	-60	10	56	-40
	b_2	-20	-20	-20	0	0	20	-20
Δx_1		0	-90	60	176	-34	-52	20
Δx_2		0	76	-72	-20	120	80	-40
н. у.	x_1	1	0,96	1,96	2,05	2,05	1,4	
	x_2	0	1	1,76	2,8	2,9	1,5	
	t	0	0	0	0	0	0,5	
Фрагменты на рис. 5		a	b	c	d	e	f	

Показано следующее: фокусные процессы моделируются; реализуемы любые повороты фокуса (рис. 5, b—e); возможно представление фазового портрета только в положительных квадрантах (рис. 5, b—f); воспроизводимы эстафетные изменения коэффициентов системы (рис. 5, f).

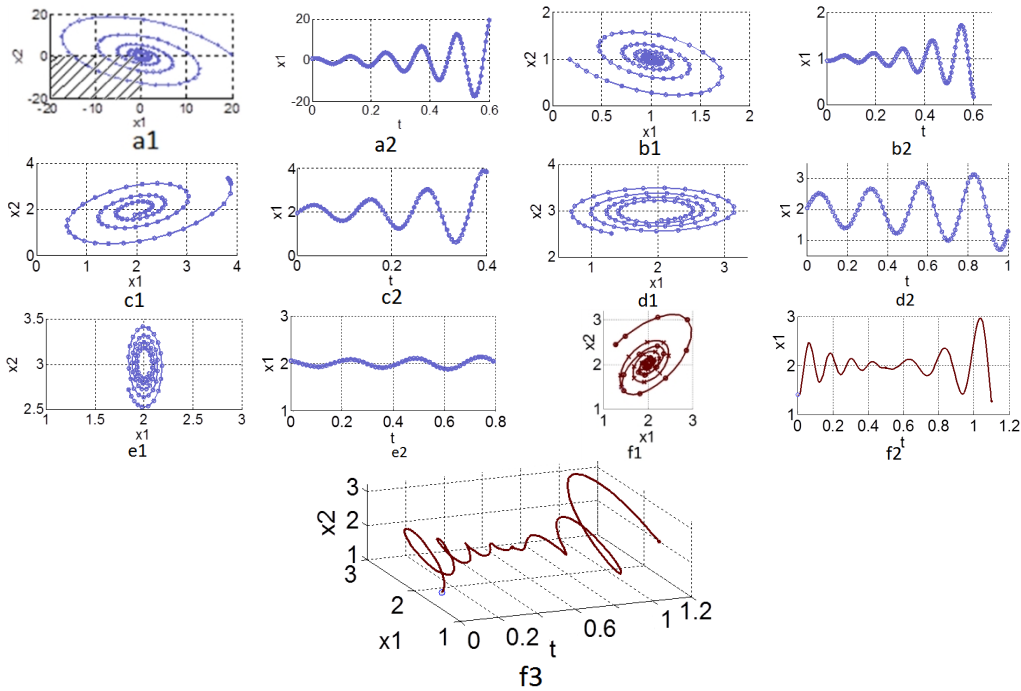


Рис. 5. Графические образы (a—f) решений типа «фокус» для двух переменных (x_1 , x_2) во времени (t)

При этом спираль (5) также может служить средством мониторинга, хронометража и визуализации деятельности клинического эпидемиолога (рис. 6). Причем сагиттальные сечения полученного гиперboloида также дают возможность отразить плановые показатели деятельности по обеспечению эпидблагополучия, шаблон фактических значений и угрозы.

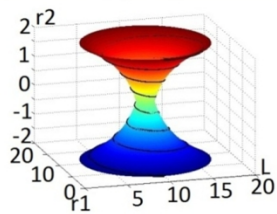


Рис. 6. Вид (однополостной гиперboloид) спирали мониторинга деятельности эпидемиолога

Адаптация модели к деятельности клинического эпидемиолога

Информационное пространство на основе стандартов медицинской помощи, нормативов, данных из литературных источников, базовых знаний, умений и навыков, а также накопленного опыта работы, позволяет позиционировать и исследовать не только здоровье пациента во времени, но и состояние подразделений медицинского учреждения, оценить их влияние на результаты обследования и лечения, дать соответствующие рекомендации как пациенту, так и медицинскому персоналу, спрогнозировать дальнейшее развитие ситуации и т. п. [1, 2].

Информационное пространство естественным образом организуется в линейное пространство Евклида-Декарта, например следующим образом:

- для пациента проводится оценка качества диагностики, лечения, реабилитации как одним специалистом, так и коллективом профильных специалистов;
- для эпидблагополучия оценивается корпус, подразделение, рабочее место;
- для управленческой деятельности осями оценки являются задачи, управление (ресурсы), результат.

Более глубокий анализ показывает необходимость изучения нелинейных координат информационных пространств (эллипсоидных, гиперboloидных и даже тороидальных).

Представление и автоматизация изложенного подхода в том или ином информационном пространстве позволяет повысить оперативность сбора информации, оценки ситуации, выработки рекомендаций и прогнозирования, а также даст своевременную подсказку для принятия решений в сложной ситуации, когда имеется ухудшение эпидемиологического благополучия и пациент нуждается в неотложном лечении.

Модернизация информационного пространства эпидемиолога должна учитывать не только сложную структуру его деятельности, часто связанную с работой других отделов (кадрово-правового, экономического, инженерного и др.) и подразделений (операционного блока, стационара, лабораторий, поликлиники), но и необходимость постоянного контроля организации и выполнения мероприятий инфекционной безопасности.

На рис. 7 показан вариант структуры коэффициента дифференциальной системы уравнений (2).

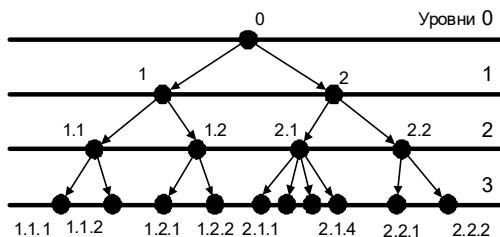


Рис. 7. Иерархия понятий к термину «обратная постоянная времени» в дифференциальном уравнении поведения:

0 — обратная постоянная времени, 1 — сопротивление, 2 — емкость, 1.1 — сопротивление, связанное с задержками исполнения, 1.2 — сопротивление потоку управленческих решений, 2.1 — охват задач, 2.2 — оценка качества их решения, 1.1.1 — временные задержки, 1.1.2 — нормативные сроки, 1.2.1 — управление, 1.2.2 — поток решений, 2.1.1, 2.1.2 — фактические и требуемые количества строк и столбцов в матрице деятельности, 2.1.3, 2.1.4 — их полное количество, 2.2.1, 2.2.2 — текущее и требуемое значения оценки качества решения задачи

Видно, что каждая постоянная времени детализируема, по крайней мере, до десяти составляющих, что требует своих вложенных пространств.

Результаты и выводы

1. Выдвинута идея о целесообразности вложения служебных пространств для адекватного представления всех необходимых разноплановых характеристик деятельности специалиста.

2. Базовое служебное пространство предложено связать с состояниями n -мерного объекта во времени, т. е. системой дифференциальных уравнений.

3. Из набора фазовых портретов выбраны решения вида «цикл» и «фокус» как ограничивающие виртуальное пространство специалиста.

4. Возможность вложения пространств в виде эллипсоида и гиперboloида показана средствами вычислительного эксперимента.

5. Коэффициенты в уравнениях состояния предложено интерпретировать как обратные постоянные времени с декомпозицией на емкости служебной деятельности и сопротивления управленческим решениям.

6. Проведена адаптация предложенной модели к деятельности клинического эпидемиолога.

7. Модель рекомендована в качестве средства мониторинга за качеством служебной деятельности.

8. Высказана гипотеза о возможности дальнейшего вложения виртуальных служебных пространств, например, в виде тороидальных структур.

Литература

1. Грицюк Е. М. Развитие механизма компьютеризированной деятельности эпидемиолога в условиях реинжиниринга медицинского научно-практического центра. Дисс. канд. мед. наук. Екатеринбург, 2013. 34 с.
2. Грицюк Е. М., Гольдштейн С. Л. О задачнике по развитию системы противоэпидемиологической поддержки медицинской организации // Инфекция и иммунитет. Т. 4. № 1. 2014. С. 61.
3. Гольдштейн С. Л. Системная интеграция бизнеса, интеллекта, компьютера. Екатеринбург: ИД Пирогов, 2006. 492 с.